

PEMBUATAN BIOETANOL DARI PATI UMBI TALAS (*Colocasia esculenta* [L.] Schott) MELALUI HIDROLISIS ASAM DAN FERMENTASI

Producing Bioethanol From Taro (*Colocasia esculenta* [L.] Schott) Root Starch Through Acidhydrolysis And Fermentation

*Mariskian M. Sadimo, Irwan Said, dan Kasmudin Mustapa

Pendidikan Kimia/FKIP - University of Tadulako, Palu - Indonesia 94118

Recieved 11 March 2016, Revised 11 April 2016, Accepted 10 May2016

Abstract

Taro plant contains high enough of carbohydrate, so it can be used as an alternative raw material for producing bioethanol. This study aimed to determine the ratio of hydrochloric acid to taro root starch and hydrolysis time of taro root starch for producing a high sugar content, as well as to determine the bioethanol content produced from the fermentation of taro root starch using baker's yeast. The results showed the best ratio of hydrochloric acid 15% to the taro root starch was at 10:1 (v/w), resulted in a total sugar content of 0.651%. The best hydrolysis time of taro root starch was 2.5 hours, resulted in sugar content of 0.653%. The fermentation of sugar resulted in from hydrolysis was carried out at room temperature for 5 days. The ethanol content obtained from the fermentation was 7.716%.

Keywords: Bioethanol, taro root, hydrolysis, fermentation

Pendahuluan

Bahan bakar minyak (BBM) dalam negeri menjadi semakin berkurang, bahkan di beberapa tempat terpencil mengalami kelangkaan pasokan. Oleh karena itu, sudah saatnya bangsa Indonesia mencari bahan bakar alternatif yang sifatnya terbarukan. Sebagai negara agraris dan tropis, Indonesia telah dianugerahi kekayaan alam yang melimpah yang dapat digunakan sebagai bioenergi. Selain merupakan solusi menghadapi kelangkaan energi fosil pada masa mendatang, bioenergi bersifat ramah lingkungan, dapat diperbaharui (renewable), serta terjangkau masyarakat (Hambali dkk., 2007).

Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang berperan penting dalam mengurangi dampak negatif pada pemakaian bahan bakar fosil (Cardona & Sanchez, 2007). Bioetanol dapat dibuat dari berbagai bahan baku, seperti gas hidrokarbon, bahan-bahan yang mengandung sakarosa (tebu dan gula biet), bahan-bahan yang mengandung pati (ubi kayu, jagung, beras), maupun bahan-bahan yang mengandung selulosa (kayu, limbah pertanian, dan lain sebagainya) (Gusmarwani dkk., 2010).

Peluang mengkonversi umbi-umbian termasuk umbi talas menjadi etanol sebagai bahan bakar sangat rasional dan penting. Hal ini dipicu oleh keterbatasan cadangan energi tak terbarukan. Sebaliknya kebutuhan energi semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan kemajuan teknologi. Pemilihan talas sebagai bahan baku pembuatan etanol karena talas termasuk golongan umbi seperti halnya singkong yang memiliki kandungan pati sebanyak 66,8% dan kadar air sebanyak 7,2% (Retno dkk., 2009).

Tanaman talas merupakan tanaman penghasil karbohidrat yang memiliki peranan cukup strategis tidak hanya sebagai sumber bahan pangan, dan bahan baku industri tetapi juga untuk pakan ternak. Talas mengandung banyak senyawa kimia yang dihasilkan dari metabolisme sekunder seperti alkaloid, glikosida, saponin, minyak esensial, resin, gula dan asam-asam organik. Umbi talas mengandung pati yang mudah dicerna kira-kira sebanyak 18,2%, sukrosa serta gula preduksinya 1,42% dan karbohidrat sebesar 23,7%. Kandungan karbohidrat yang cukup tinggi pada talas sangat berpotensi sebagai salah satu alternatif untuk bahan baku pembuatan etanol (Setiasih, 2011).

Etanol adalah alkohol yang didapat dari fermentasi bahan-bahan yang mengandung gula, pati atau selulosa. Etanol merupakan

*Korespondensi:

Mariskian M. Sadimo

Program Studi Pendidikan kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako

email: mariskianchem@gmail.com

© 2016 - Universitas Tadulako

bahan yang sangat penting karena merupakan bahan bakar cair dari sumber yang dapat diperbaharui (bioetanol). Bioetanol, tidak seperti bensin, merupakan bahan bakar oksigenat yang mengandung 35% oksigen yang dapat mereduksi partikulat dan emisi NO_x dari hasil pembakaran (Demirbas, 2005). Bioetanol dapat digunakan sebagai pengganti BBM tergantung dari tingkat kemurniannya. Bioetanol dengan kadar 95-99% dapat dipakai sebagai bahan substitusi premium (bensin), sedangkan kadar 40% dipakai sebagai bahan substitusi minyak tanah (Rahmawati, 2010).

Hidrolisis pati menjadi glukosa (gula) diperlukan asam, misalnya asam klorida (HCl), sedangkan untuk mengubah gula menjadi etanol dipergunakan ragi *Saccharomyces cereviceae* (Gusmarwani dkk., 2010). Menurut Mastuti & Setyawardhani, 2010, proses hidrolisis pati yaitu perubahan molekul pati menjadi monomernya atau unit-unit penyusunnya seperti glukosa. Hidrolisis pati dapat dilakukan dengan bantuan asam atau enzim pada suhu, pH, dan waktu reaksi tertentu. Metode kimiawi dilakukan dengan cara hidrolisis pati menggunakan asam-asam organik. Asam yang sering digunakan pada proses hidrolisis dengan metode kimiawi adalah H₂SO₄, HCl, dan HNO₃. Menurut Badger pada dasarnya hidrolisis dapat berlangsung dengan dua cara, yakni cara kimiawi dan cara enzimatik. Hidrolisis secara kimiawi memiliki banyak keuntungan, yaitu biaya yang dibutuhkan relatif murah dibandingkan dengan cara enzimatik, sebab harga bahan kimia yang digunakan relatif lebih murah dibandingkan harga enzim. Selain itu, proses hidrolisis dengan cara enzim membutuhkan waktu yang relatif lebih lama dibandingkan cara kimiawi (Novianti dkk., 2013).

Glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisa kemudian difermentasi dengan bantuan ragi atau yeast (*Sacharomyces cereviseae*) untuk menghasilkan etil alkohol (etanol) dan CO₂ melalui reaksi sebagai berikut (Retno & Nuri, 2011):



Fermentasi adalah proses penguraian karbohidrat menjadi etanol dan CO₂ yang dihasilkan oleh aktivitas suatu jenis mikroba yang disebut khamir dalam keadaan anaerob (Osvaldo dkk., 2012). Karbohidrat dipecah

dahulu menjadi gula sederhana yaitu dengan hidrolisis pati menjadi unit-unit glukosa (Idral dkk., 2012).

Tahap pertama dalam fermentasi glukosa selalu terbentuk asam piruvat melalui jalur *Embden Meyerhof Parnas* (EMP) atau glikolisis. Piruvat tersebut diubah menjadi alkohol melalui dua tahap yaitu pertama, piruvat didekarboksilasi menjadi asetaldehid oleh piruvat dekarboksilase dengan melibatkan tiamin pirofosfat dan tahap kedua asetaldehid oleh alkohol dehidrogenase direduksi dengan NADH₂ menjadi alkohol (Idral dkk., 2012).

Penelitian tentang pembuatan bioetanol dari talas sebelumnya telah dilakukan oleh (Amin & Empayus, 2014) yang meneliti tentang Faktor Ragi Roti dan Waktu Fermentasi Tepung Umbi Talas (*Colocasia Esculenta* [L] Schoot) Menjadi Bioetanol. Proses hidrolisis pada penelitian ini dilakukan dengan metode enzimatis dengan menggunakan enzim alpha amilase pada proses likuifikasi dan menggunakan enzim gluko amilase pada proses sakarifikasi. Gula reduksi hasil hidrolisis difermentasi dengan bantuan ragi roti 3 g/L, 4 g/L, dan 5 g/L (w/v) dan waktu fermentasi 3, 5, dan 7 hari di dalam fermentor berpengaduk pada suhu ruang dan pH 4,5-4,8. Urea, NPK dan nutrisi lain ditambahkan untuk mempercepat pertumbuhan *Saccharomyces cereviseae*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas bioetanol yang dihasilkan berdasarkan parameter titik nyala, densitas, dan indeks bias sudah mendekati etanol standar. Kondisi optimum pada penelitian ini didapat pada fermentasi 5 hari dan 7 hari dengan penambahan ragi 4 g/L dan 5 g/L yang menghasilkan volume etanol 28,2L - 29,5L dengan kadar etanol 51,01%-54,80%. Selain dengan menggunakan enzim untuk melakukan hidrolisis pati menjadi glukosa dapat pula digunakan metode kimiawi dengan menggunakan asam-asam organik seperti H₂SO₄, HCl, dan HNO₃. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kadar glukosa yang dihasilkan pada proses hidrolisis pati umbi talas menggunakan katalis asam.

Pati yang telah mengalami perlakuan hidrolisis asam lebih mudah difermentasi menjadi etanol. Semakin banyak hasil hidrolisis pati menjadi glukosa diharapkan semakin banyak pula etanol yang dihasilkan melalui proses fermentasi (Putri & Sukandar, 2008). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rasio asam klorida terhadap pati umbi talas dan waktu hidrolisis yang menghasilkan kadar gula

yang tinggi, serta menentukan kadar bioetanol yang dihasilkan pada fermentasi pati umbi talas dengan menggunakan ragi roti.

Metode

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik, Erlenmeyer, gelas kimia, labu ukur, gelas ukur, pipet tetes, corong gelas, penangas listrik, pH meter, batang pengaduk, aluminium foil, kertas saring, ayakan 40 mesh, magnet stirrer, spektrofotometer UV-Vis, oven, blender, seperangkat alat evaporator dan alkoholmeter. Bahan-bahan yang digunakan yaitu talas, larutan HCl (*Merck*), larutan NaOH (*Merck*), urea ((NH₂)₂CO) (*Merck*), ammonium sulfat ((NH₄)₂SO₄) (*Merck K GaA*), padatan glukosa (C₆H₁₂O₆) (*Merck*), reagen Anthrone (*Merck*), ragi roti (*saccharomyces cerevisiae*) dan aquades (H₂O).

Cara Kerja

Talas yang diambil di Kecamatan Bulagi Kabupaten Banggai Kepulauan dikupas kulitnya kemudian dipotong-potong menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan ditimbang sebanyak 4 kg. Selanjutnya, mencuci talas tersebut dengan air dan kemudian dikeringkan dengan bantuan sinar matahari hingga kering. Talas yang sudah kering dihaluskan menggunakan blender. Setelah itu, talas hasil blender dikeringkan pada suhu 100°C selama 2 jam. Selanjutnya mengayak talas yang telah dihaluskan dengan menggunakan ayakan 40 mesh.

Pengaruh Rasio Asam Klorida 15% Terhadap Pati Umbi Talas

Perlakuan pengaruh rasio asam klorida 15% terhadap pati umbi talas menggunakan sepuluh tingkatan rasio yang terdiri atas 4:1, 5:1, 6:1, 7:1, 8:1, 9:1 dan 10:1 atas dasar volume/berat (v/b). Dimana pada perlakuan ini digunakan pati umbi talas yang telah dihaluskan sebanyak 10 gram. Pada tahap ini dilakukan penimbangan 10 gram pati umbi talas halus sebanyak 7 kali. Selanjutnya, ke dalam masing-masing pati umbi talas halus ditambahkan larutan asam klorida 15% sesuai rasio masing-masing. Tahap selanjutnya pati umbi talas dihidrolisis menggunakan asam klorida 15% pada suhu 100°C selama 2,5 jam. Hasil hidrolisis selanjutnya disaring kemudian

didinginkan hingga mencapai suhu kamar. Filtrat hasil penyaringan selanjutnya diukur kadar gulanya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 630 nm. Hasil terbaik yakni yang memiliki kadar gula tertinggi dalam perlakuan ini digunakan untuk perlakuan lebih lanjut (Novianti dkk., 2013).

Pengaruh Waktu Hidrolisis

Perlakuan pengaruh waktu hidrolisis terhadap kadar gula digunakan lima variasi waktu hidrolisis yakni 0,5 jam, 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam dan 3 jam. Pada perlakuan ini digunakan rasio asam klorida 15% / pati umbi talas halus yang terseleksi pada tahap sebelumnya. Tahap ini dilakukan pada suhu yang sama dengan proses hidrolisis sebelumnya yakni pada suhu 100°C. Pada tahap ini filtrat hasil hidrolisis selanjutnya diukur kadar gulanya menggunakan spektrofotometer UV-Vis seperti pada proses pengukuran kadar gula sebelumnya. Filtrat hasil hidrolisis yang memiliki kadar gula paling tinggi digunakan untuk perlakuan lebih lanjut (Novianti dkk., 2013).

Tahap Fermentasi

Proses fermentasi dilakukan dengan menggunakan filtrat hasil hidrolisis yang memiliki kadar gula paling tinggi. Filtrat ditambahkan dengan larutan NaOH 6 M hingga pH-nya menjadi 5. Selanjutnya, menambahkan 4 gram urea dan 4 gram ammonium sulfat dalam larutan dan dipasteurisasi pada suhu 80°C selama 15 menit lalu didinginkan. Kemudian ditambahkan 8 gram ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) ke dalam larutan dan mendinginkannya selama 5 hari pada suhu ruang. Setelah mencapai waktu yang ditentukan larutan tersebut disaring (Rohmadi & Nuria, 2010).

Tahap Pemisahan

Tahap pemisahan dilakukan dengan memasukan filtrat hasil fermentasi ke dalam labu alas bulat dan dipasang pada rangkaian alat evaporator. Pada proses ini dilakukan pemanasan pada suhu 800C untuk memisahkan etanol dari campurannya. Larutan hasil evaporasi selanjutnya ditentukan kadarnya dengan menggunakan alkoholmeter (Osvaldo dkk., 2012).

Hasil dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh pada penentuan kadar gula pada berbagai rasio asam klorida 15%

disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kadar Gula pada Berbagai Rasio Asam Klorida 15%

No.	Rasio Asam Klorida 15% (v/b)	Kadar Gula (%)
1.	4 : 1 (40 mL : 10 gram)	0,248±0,001
2.	5 : 1 (50 mL : 10 gram)	0,341±0,001
3.	6 : 1 (60 mL : 10 gram)	0,385±0,001
4.	7 : 1 (70 mL : 10 gram)	0,412±0,002
5.	8 : 1 (80 mL : 10 gram)	0,442±0,001
6.	9 : 1 (90 mL : 10 gram)	0,513±0,001
7.	10 : 1 (100 mL : 10 gram)	0,651±0,005

Hasil yang diperoleh pada penentuan kadar gula pada berbagai waktu hidrolisis disajikan pada Tabel 2

Tabel 2 Kadar Gula pada Berbagai Waktu Hidrolisis

No.	Waktu Hidrolisis (Jam)	Kadar Gula (%)
1.	0,5	0,225±0,011
2.	1	0,226±0,001
3.	1,5	0,405±0,006
4.	2	0,441±0,001
5.	2,5	0,653±0,004
6.	3	0,513±0,001

Fermentasi pati umbi talas menggunakan ragi roti dengan waktu fermentasi selama 5 hari diperoleh kadar etanol sebesar 7,716% dengan volume hasil evaporasi 119 mL.

Pembahasan

Salah satu proses hidrolisis yaitu hidrolisis asam, dimana katalisatornya menggunakan asam. Asam berfungsi sebagai katalisator dengan mengaktifkan air. Asam yang dipakai dalam industri adalah H_2SO_4 dan HCl . HCl lebih menguntungkan karena lebih reaktif dibandingkan H_2SO_4 . Hidrolisis asam dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu hidrolisis asam kuat (H_2SO_4 pekat, HCl pekat, dan lain-lain) dan hidrolisis asam encer (H_2SO_4 encer, HCl encer, dan lain-lain) (Groggins, 1992).

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin tinggi rasio asam klorida yang digunakan untuk menghidrolisis pati umbi talas kadar gula yang diperoleh semakin besar. Sehingga diperoleh kadar gula tertinggi pada rasio asam klorida 15% terhadap pati umbi talas 10 : 1 atas dasar (v/b) dengan kadar gula sebesar 0,651%. Hasil yang diperoleh sesuai dengan yang dikemukakan (Groggins, 1992), yakni semakin banyak jumlah katalisator yang dipakai makin cepat reaksi hidrolisis terjadi dan dalam waktu tertentu pati yang berubah menjadi glukosa juga meningkat. Penambahan

katalisator dalam hal ini, bertujuan memperbesar kecepatan reaksi. Hal serupa dikemukakan oleh (Dewi dkk., 2014), semakin meningkat konsentrasi katalis maka semakin meningkat juga laju hidrolisis karena konstanta kecepatan reaksi hidrolisis berbanding lurus dengan konsentrasi H^+ dalam suasana asam.

Proses hidrolisis pati yaitu perubahan molekul pati menjadi monomernya atau unit-unit penyusunnya seperti glukosa (Mastuti & Setyawardhani, 2010). Glukosa adalah suatu gula monosakarida yang merupakan salah satu karbohidrat terpenting yang digunakan sebagai sumber tenaga utama dalam tubuh. Glukosa merupakan prekursor untuk sintesis semua karbohidrat lain di dalam tubuh seperti glikogen, ribosa dan deoksiribosa dalam asam nukleat, galaktosa dalam laktosa susu, dalam glikolipid, dan dalam glikoprotein dan proteoglikan (Devita dkk., 2015).

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa kadar gula terus mengalami peningkatan seiring dengan penambahan waktu hidrolisis dari 0,5 jam sampai 2,5 jam. Namun pada proses hidrolisis selama 3 jam kadar gula cenderung menurun. Dimana kadar gula tertinggi ditemukan pada waktu reaksi selama 2,5 jam dengan kadar gula yang dihasilkan sebesar 0,653%. Hasil yang diperoleh relatif sama pada penggunaan rasio asam klorida 15% terhadap pati umbi talas 10:1, yakni 0,651% dengan waktu hidrolisis selama 2,5 jam. Penurunan kadar gula disebabkan karena glukosa akan terdegradasi menjadi hydroxymethylfurfural dan bereaksi lebih lanjut membentuk asam formiat, sehingga menyebabkan kadar glukosa menurun (Idral dkk., 2012). Pada hidrolisis dengan metode asam semakin lama proses hidrolisis maka gula reduksi akan semakin besar, namun jika terlalu lama maka akan terjadi penurunan kadar gula reduksi (Devita dkk., 2015).

Fermentasi alkohol adalah proses penguraian karbohidrat menjadi etanol dan CO_2 yang dihasilkan oleh aktivitas suatu jenis mikroba yang disebut khamir dalam keadaan anaerob. Perubahan dapat terjadi jika mikroba tersebut bersentuhan dengan makanan yang sesuai bagi pertumbuhannya. Pada proses fermentasi biasanya tidak menimbulkan bau busuk dan biasanya menghasilkan gas karbondioksida. Hasil fermentasi dipengaruhi banyak faktor. Seperti, bahan pangan atau substrat, jenis mikroba dan kondisi sekitar (Osvaldo dkk., 2012).

Proses fermentasi pada penelitian ini dilakukan selama 5 hari yang dilakukan pada suhu

ruang menggunakan ragi roti (*saccharomyces cerevisiae*) dengan menambahkan nutrisi seperti urea dan ammonium sulfat untuk pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kemampuan untuk mengkonversi baik gula dari kelompok monosakarida maupun dari kelompok disakarida. Jika gula yang tersedia dalam substrat merupakan gula disakarida maka enzim invertase akan bekerja menghidrolisis disakarida menjadi monosakarida. Setelah itu, enzim zymase akan mengubah monosakarida tersebut menjadi alkohol dan CO₂ (Azizah dkk., 2012).

Hasil fermentasi pati umbi talas selanjutnya dievaporasi untuk memisahkan etanol dari campurannya pada suhu 80°C. Pada proses evaporasi senyawa yang menguap terlebih dahulu adalah etanol karena memiliki titik didih yang rendah yaitu 78,3°C, dibandingkan dengan pelarutnya seperti air yang memiliki titik didih 100°C (Ariyani dkk., 2013). Hasil Evaporasi kemudian dilakukan pengukuran kadar etanolnya dengan menggunakan alkohol meter. Hasil pengukuran kadar etanol dengan rentang waktu fermentasi selama 5 hari dan kadar gula reduksi 0,653% diperoleh kadar etanol sebesar 7,716%.

Kesimpulan

Rasio asam klorida 15% terhadap pati umbi talas yang menghasilkan kadar gula tertinggi diperoleh pada penggunaan rasio asam klorida 15%/pati umbi talas 10:1 atas dasar v/b dengan kadar gula yang diperoleh sebesar 0,651%. Lama waktu hidrolisis yang menghasilkan kadar gula tertinggi adalah pada waktu hidrolisis 2,5 jam dengan kadar gula yang diperoleh sebesar 0,653%. Kadar bioetanol yang dihasilkan pada fermentasi pati umbi talas dengan menggunakan ragi roti selama 5 hari adalah 7,716%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada kepala laboran Agroteknologi FAPERTA dan semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

Amin, J. M., & Empayus. (2014). *Faktor ragi roti dan waktu fermentasi tepung umbi talas (colocasia esculenta [L] schoot) menjadi bioetanol*. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014. Politeknik Negeri Sriwijaya.

Ariyani, E., Kusumo, E., & Supartono. (2013). Produksi bioetanol dari jerami padi (*Oryza sativa* L). *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, 2(2), 168–172.

Azizah, N., A. N. Al-Baarri, & Mulyani, S. (2012). Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol, Ph, dan produksi gas pada proses fermentasi bioetanol dari whey dengan substitusi kulit nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1(2), 72-77.

Cardona, A., & Sanchez, O. J. (2007). Feul ethanol production. Process design trends and integration opportunities. *Bioresource Technology*, 98(12), 45-57.

Demirbas, A. (2005). Bioethanol from cellulosic material: A renewable motor fuel from biomass. *Energy Source*, 27, 327–337.

Devita, C., Pratjojo, W., & Sedyawati, R. M. S. (2015). Perbandingan metode hidrolisis enzim dan asam dalam pembuatan sirup glukosa ubi jalar ungu. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(1), 15-19.

Dewi, T. K., Monica, N., & Novalita, S. (2014). Pembuatan bioetanol dari keladi liar (*colocasia esculenta* L schott var. *antiquorum*) melalui hidrolisis dengan katalis asam klorida dan fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 4(20), 7-13.

Groggins, P. H. (1992) *Unit process in organic synthesis*. New York: Mc Graw Hill Book Company.

Gusmarwani, S. R., Budi, M. S. P., Sediawan, W. B., & Hidayat, M. (2010). Pengaruh perbandingan berat padatan dan waktu reaksi terhadap gula pereduksi terbentuk pada hidrolisis bonggol pisang. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 9(3), 77-82.

Hambali, E. S., Mujdalipah, A. H., Tambunan, A. W., Pattiwiri, & Hendroko, R. (2007). *Teknologi bioenergi*. Jakarta: Agromedia.

Idral, D. D., Salim, M., & Mardiah, E. (2012). Pembuatan bioetanol dari ampas sagu dengan proses hidrolisis asam dan menggunakan *saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Kimia Unand*, 1(1), 34-39.

Mastuti, E., & Setyawardhani, A. D. (2010). Pengaruh variasi temperatur dan konsentrasi katalis pada kinetika reaksi hidrolisis tepung kulit ketela pohon. *Ekuilibrium*, 9(1), 23-27.

- Novianti, Mappiratu, & Musafira. (2013). Pemanfaatan limbah serbuk gergaji untuk produksi bioetanol menggunakan sel ragi imobil secara berulang. *Online Jurnal of Natural Science*, 2(3), 9-19.
- Osvaldo, Z. S., Panca, P. S., & Faisal, M. (2012). Pengaruh konsentrasi asam dan waktu pada proses hidrolisis dan fermentasi pembuatan bioetanol dari alang-alang. *Jurnal Teknik Kimia*, 2(18), 52-62.
- Putri, L. S. E., & Sukandar, D. (2008). Konversi pati ganyong (*canna edulis* ker.) menjadi bioetanol melalui hidrolisis asam dan fermentasi. *Biodiversitas*, 9(2), 112-116.
- Rahmawati, A. (2010). *Pemanfaatan Limbah Kulit Ubi Kayu (Manihot utilissima Pohl.) dan Kulit Nanas (Ananas comosus L.) pada Produksi Bioetanol Menggunakan Aspergillus Niger*. Skripsi Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta: tidak diterbitkan.
- Retno, E. D., Kriswiyanti, E. A., & Nur, A. (2009). Bioetanol fuel grade dari talas (*colocasia esculenta*). *Ekuilibrium*, 8(1), 1-6.
- Retno, T. D., & Nuri, W. (2011). *Pembuatan bioetanol dari kulit pisang*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan". FTI UPN Veteran Yogyakarta.
- Rohmadi, N., & Nuria, A. S. (2010). *Pembuatan bioetanol dari ubi jalar putih (ipomea batatas linneaus)*. Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik, Program Studi Diploma III Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Setiasih, A. (2011). *Pemanfaatan talas (colocasia esculenta L.schott) sebagai bahan baku pembuatan bioetanol*. Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik, Program Studi Diploma III Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang.